

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 101 61 965 A 1

⑤ Int. Cl.⁷:
H 01 M 8/04

(71) Aktenzeichen: 101 61 965.0
(72) Anmeldetag: 17. 12. 2001
(73) Offenlegungstag: 11. 7. 2002

(30) Unionspriorität:
 749297 27. 12. 2000 US

(71) Anmelder:
 Plug Power, Inc., Latham, N.Y., US

(74) Vertreter:
 Zenz, Helber, Hosbach & Partner, 45128 Essen

(72) Erfinder:
Jones, Daniel O., Glenville, N.Y., US; Skidmore,
Dustan, Trop, N.Y., US; Parks, John, Latham, N.Y.,
US

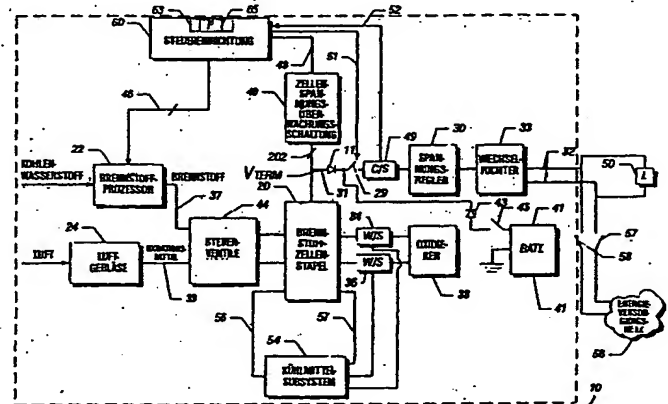
DE 101 61 965 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54) Technik und Einrichtung zum Steuern des Ansprechverhaltens eines Brennstoffzellensystems

(57) Bei der Technik zum Betreiben eines Brennstoffzellenstapels (20) wird der Brennstoffzellenstapel (20) mit einem Verbraucher (50) gekoppelt und die von dem Verbraucher (50) aufgenommene Leistung bestimmt. Die Technik umfaßt, daß in Abhängigkeit von der Detektion einer Änderung der von dem Verbraucher (50) aufgenommenen Leistung eine Verzögerung herbeigeführt wird, und daß als Antwort auf den Ablauf der Verzögerung ein Brennstoffstromfluß zu dem Stapel (20) so gesteuert wird, daß die Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels (20) so gesteuert wird, daß die Änderung der von dem Verbraucher (50) verbrauchten Energie berücksichtigt wird.



DE 101 61 965 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellenstapels sowie ein Brennstoffzellensystem.

[0002] Eine Brennstoffzelle ist ein elektrochemisches Bauelement, das durch eine Reaktion erzeugte chemische Energie direkt in elektrische Energie umwandelt. Beispielsweise umfaßt eine Art von Brennstoffzellen eine Polymer-elektrolytmembran (PEM; Polymer Elektrolyte Membrane), die häufig Protonenaustauschmembran genannt wird und die nur Protonen das Wandern zwischen einer Anode und einer Kathode der Brennstoffzelle gestattet. An der Anode wird zweiatomiger Wasserstoff (ein Brennstoff) oxidiert, um Wasserstoffprotonen zu erzeugen, die durch die PEM hindurchtreten. Die bei dieser Oxidation erzeugten Elektronen fließen durch eine Schaltung, die sich außerhalb der Brennstoffzelle befindet, wobei sie einen elektrischen Strom bilden. An der Kathode wird Sauerstoff reduziert, der mit den Wasserstoffprotonen reagiert, wobei Wasser gebildet wird. Die anodischen und kathodischen Reaktionen werden durch die folgenden Gleichungen beschrieben:

$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ an der Anode der Zelle, und

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ an der Kathode der Zelle.

[0003] Eine typische Brennstoffzelle weist eine Anschlußspannung von ungefähr einem Volt Gleichspannung (DC) auf. Zur Erzeugung erheblich höherer Spannungen können mehrere Brennstoffzellen zusammengefasst werden, wobei sie eine Brennstoffzellenstapel genannte Anordnung bilden, bei der die Brennstoffzellen miteinander elektrisch in Reihe geschaltet sind, um eine höhere Gleichspannung (beispielsweise eine Gleichspannung von ungefähr 100 V) und eine größere Leistung bereitzustellen.

[0004] Der Brennstoffzellenstapel kann Flußplatten (beispielsweise Graphitverbund- oder Metallplatten) umfassen, die aufeinander gestapelt sind und die jeweils mehr als einer Brennstoffzelle des Stapels zugeordnet sein können. Die Platten können verschiedene Fließkanäle und Öffnungen aufweisen, um beispielsweise die Reaktanten und Reaktionsprodukte durch den Brennstoffzellenstapel zu leiten. Mehrere (jeweils einer bestimmten Brennstoffzelle zugeordnete) PEMs können zwischen den Anoden und Kathoden der verschiedenen Brennstoffzellen im Stapel verteilt sein. Elektrisch leitfähige Gasdiffusionsschichten (GDLs) können auf beiden Seiten jeder PEM angeordnet sein, um die Anode und Kathode jeder Brennstoffzelle zu bilden. Auf diese Weise können Reaktantengase von beiden Seiten der PEM die Fließkanäle verlassen und durch die GDLs zur PEM diffundieren.

[0005] Ein Brennstoffzellensystem kann einen Brennstoffprozessor enthalten, der einen Kohlenwasserstoff (beispielsweise Erdgas oder Propan) in einen Brennstoffstrom für den Brennstoffzellenstapel umwandelt. Für eine bestimmte Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels muß der Brennstoffstrom zum Stapel den durch die oben angegebenen Gleichungen vorgegebenen stöchiometrischen Verhältnissen genügen. Folglich kann eine Steuereinrichtung des Brennstoffzellensystems die Leistung bestimmen, die der Stapel bereitstellen soll. Auf der Basis dieser Bestimmung schätzt die Steuereinrichtung den Brennstoffstrom ab, der den entsprechenden stöchiometrischen Verhältnissen genügt, um diese Leistung bereitzustellen. Dabei regelt die Steuereinrichtung den Brennstoffprozessor derart, daß er diesen Strom erzeugt. Die Steuereinrichtung schätzt in Abhängigkeit von der Bestimmung, daß eine Änderung der Ausgangsleistung erforderlich ist, eine neue Brennstoffströmungsgeschwindigkeit ab und steuert den Brennstoffprozessor entsprechend.

[0006] Das Brennstoffzellensystem kann einen Verbraucher bzw. eine Last mit Energie versorgen. Ein solcher Verbraucher wird beispielsweise von Haushaltsanwendungen und elektrischen Einrichtungen gebildet, die selektiv ein- und ausgeschaltet werden können, so daß die von dem Verbraucher angeforderte Leistung schwanken kann. Dementsprechend kann es sein, daß die von dem Verbraucher aufgenommene Leistung nicht konstant ist, sondern daß sich die Leistung mit der Zeit und stufenweise abrupt ändert. Wenn das Brennstoffzellensystem beispielsweise Energie für ein Haus liefert, können verschiedene Anwendungen/elektrische Einrichtungen des Hauses zu verschiedenen Zeiten ein- und ausgeschaltet werden, wodurch sich die von dem Verbraucher aufgenommene Leistung während des zeitlichen Verlaufs sprunghaft ändert.

[0007] Es ist möglich, daß der Brennstoffprozessor seinen abgegebenen Brennstoffstrom nicht rechtzeitig richtig anpassen kann, um auf eine Änderung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung bzw. einen Übergangszustand zu reagieren. Daher kann die Rate, mit der sich die von dem Verbraucher aufgenommene Leistung während eines Übergangszustandes ändert, wesentlich höher sein als die Rate, mit der der Brennstoffprozessor seine Brennstoffabgabe ändern kann. Beispielsweise kann die Zeitkonstante für den Brennstoffprozessor in der Größenordnung von Minuten liegen, und die Zeitkonstante, mit der sich die von dem Verbraucher aufgenommene Leistung während eines Übergangszustandes ändert, kann in der Größenordnung von Sekundenliegen. Aufgrund dieser Diskrepanz ist es möglich, daß die Abgabe des Brennstoffprozessors beträchtlich gegenüber Änderungen bzw. Übergangszuständen der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung verzögert ist, wobei dies zu einem ineffizienten Betrieb des Brennstoffzellensystems führt.

[0008] Wenn das Brennstoffzellensystem beispielsweise ein Haus mit Energie versorgt, können eine oder mehrere Anwendungen kurzfristig eingeschaltet werden, so daß die von der Anwendung (den Anwendungen) aufgenommene Leistung vorübergehend ansteigt und zu einem Übergangszustand führt. Zu dem Zeitpunkt, zu dem der Brennstoffprozessor reagiert, um diesen abzufangen, können die eine oder die mehreren Anwendungen, die eingeschaltet wurden, jedoch bereits wieder abgeschaltet worden sein. Während der Zeit, während der der Brennstoffprozessor zurückfällt, kann ein Energieversorgungsnetz (dem Verbraucher) die Leistung bereitstellen, die das Brennstoffsystem nicht bereitstellen kann. Diese Anordnung kann jedoch zu erhöhten Kosten im Zusammenhang mit der Energieversorgung des Verbrauchers führen.

[0009] Daher ist es eine Aufgabe der Erfindung, einen oder mehrere der obengenannten Nachteile zu vermeiden. [0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

[0011] Bei einer Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine im Zusammenhang mit einem Brennstoffzellenstapel verwendbare Technik die Verbindung des Brennstoffzellenstapels mit einem Verbraucher und die Bestimmung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung. Die Technik umfaßt, daß in Abhängigkeit von der Detektion einer Änderung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung und in Abhängigkeit von dem Ablauf der Verzögerung ein Brennstoffstrom zu dem Stapel derart gesteuert wird, daß die Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels so gesteuert wird, daß die Änderung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung berücksichtigt wird.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in

den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsformen beschrieben.

[0014] In den Zeichnungen zeigen:

[0015] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

[0016] Fig. 2, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 Ablaufdiagramme, die den Betrieb des Brennstoffzellensystems gemäß verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung veranschaulichen;

[0017] Fig. 3 einen beispielhaften Verlauf der von einem Verbraucher des Brennstoffzellensystems aufgenommenen Leistung, aufgetragen gegen die Zeit;

[0018] Fig. 4 die Abgabe des Brennstoffprozessors in Abhängigkeit von der in Fig. 3 dargestellten Leistung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0019] Gemäß Fig. 1 enthält eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 10 einen Brennstoffzellenstapel 20, der Energie für einen Verbraucher 50 (beispielsweise einen Verbraucherhaushalt) in Abhängigkeit von Brennstoff- und Oxidationsmittelströmen erzeugen kann, welche von einem Brennstoffprozessor 22 bzw. von einem Luftgebläse 24 bereitgestellt werden. Dabei steuert das Brennstoffzellensystem 10 die Brennstoffherzeugung des Brennstoffprozessors 22, um den von dem Prozessor 22 dem Brennstoffzellenstapel 20 zugeführten Brennstoffstrom zu steuern. Die Strömungsgeschwindigkeit dieses Brennstoffstroms zu dem Brennstoffzellenstapel 20 steuert wiederum die Höhe der von dem Stapel 20 bereitgestellten Leistung. Wie im folgenden beschrieben, regelt das Brennstoffzellensystem 10 den Brennstoffprozessor 22 (wenigstens teilweise) auf der Basis der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen (oder "angeforderten") Leistung.

[0020] Die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung ändert sich mit der Zeit, da der Verbraucher bzw. die Last 50 aus verschiedenen einzelnen Verbrauchern bzw. Lasten besteht (beispielsweise aus zu einem Haus gehörende Anwendungen und/oder elektrischen Einrichtungen), die jeweils ein- und ausgeschaltet werden können. Infolgedessen kann sich die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung ändern, wodurch ein Übergangszustand erzeugt wird. In der vorliegenden Anmeldung wird mit einem "Übergangszustand der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung" eine deutliche Änderung der (von dem Verbraucher 50 aufgenommenen) Leistung bezeichnet, welche zu einer Abweichung von dem aktuellen gleichbleibenden bzw. stationären Leistungspegel zur Zeit des Auftretens des Übergangszustandes führt. Der Übergangszustand kann eine Zeitkonstante aufweisen, die von der gleichen Größenordnung oder geringer als die Zeitkonstante des Brennstoffprozessors 22 ist.

[0021] Daher ist der Brennstoffprozessor 22 möglicherweise nicht in der Lage, sich schnell auf Übergangszustände der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung einzustellen. Wie im folgenden beschrieben ist, sind bei dem Brennstoffzellensystem 10 jedoch Maßnahmen vorgesehen, um den Brennstoffprozessor 22 solange daran zu hindern, verfrüht auf die Übergangszustände zu antworten, bis das System 10 überprüft hat, daß die Änderung der Leistung andauert und dementsprechend nicht von vorübergehender Natur ist.

[0022] In der vorliegenden Anmeldung bezeichnet der Begriff "Aufwärts-Übergang" einen positiven Übergang bzw. Anstieg der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung und der Begriff "Abwärts-Übergang" einen negativen Übergang bzw. Abfall der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung. Ein Aufwärts- oder Abwärts-Übergang kann zu einer fortdauernden Änderung der von dem

Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung führen oder nicht. Wie im folgenden beschrieben, kann die Antwort des Brennstoffzellensystems auf Aufwärts-Übergänge und auf Abwärts-Übergänge des Systems bei einigen Ausführungsformen der Erfindung unterschiedlich sein.

[0023] Die Auswirkung von Auf- und Abwärts-Übergängen auf das Brennstoffzellensystem 10 kann je nach der Energieversorgungsanschlußart des Systems 10 unterschiedlich sein. Bei einer ersten Energieversorgungsanschlußart ist das Brennstoffzellensystem 10 so gekoppelt, daß es parallel zu einem Energieversorgungsnetz 56 Energie an den Verbraucher 50 liefert. Wenn das Brennstoffzellensystem 10 nicht die gesamte von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung liefern kann, kann das Energieversorgungsnetz 56 somit die Ausgangsleistung des Systems ergänzen. Diese Anordnung kann im Hinblick auf die Kosten ineffektiv sein. Daher kann es für den Brennstoffprozessor 22 wünschenswert sein, seine Brennstoffabgabe zu erhöhen, wenn der Verbraucher 50 einen höheren Leistungsbedarf hat. Jedoch kann der Anstieg der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung kurz sein. Folglich ist es möglich, daß die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung dann, wenn der Brennstoffprozessor 22 seine Brennstoffabgabe erhöht, bereits auf den vor dem Aufwärts-Übergang bestehenden Pegel zurückgekehrt ist. Infolgedessen kann der Brennstoffprozessor 22 zuviel Brennstoff erzeugen, so daß der Strom nicht zu der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung paßt.

[0024] Wenn sich die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung nicht ändert, liefert der Brennstoffprozessor 22 bei einigen Ausführungsformen eine Strömungsgeschwindigkeit, mit der ein vorgegebener Prozentsatz des Leistungsbedarfs des Verbrauchers erzeugt werden kann, und der verbleibende Prozentsatz wird von dem Energieversorgungsnetz 56 geliefert. Bei diesen Ausführungsformen liefert sowohl das Brennstoffzellensystem 10 als auch das Energieversorgungsnetz 56 Energie für den Verbraucher 50. Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Brennstoffzellensystem 10 beim stationären Betrieb beispielsweise 90% der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung bereitstellen, und das Energieversorgungsnetz 56 kann die restlichen 5% der Leistung bereitstellen. Man beachte, daß das Brennstoffzellensystem 10 bei Aufwärts- oder Abwärts-Übergängen solange eine von dem vorgegebenen Prozentsatz abweichende Leistung bereitstellen kann, bis das Brennstoffzellensystem 10 seine Ausgangsleistung gemäß der hier beschriebenen Technik ändert.

[0025] Bei einer zweiten Energieversorgungsanschlußart kann das Brennstoffzellensystem 10 vom Energieversorgungsnetz 56 entkoppelt sein und eine Batterie 41 als instantane zusätzliche Energiequelle enthalten, um dem Brennstoffprozessor 22 genügend Zeit zur Erhöhung seiner Brennstoffabgabe zu lassen. Auf diese Weise kann die Batterie 41 zusätzliche Energie liefern, wenn der Brennstoffzellenstapel 20 infolge eines Aufwärts-Übergangs nicht genügend Leistung für den Verbraucher 50 bereitstellen kann. Jedoch kann der Anstieg der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung vorübergehend sein. Folglich ist es möglich, daß die von dem Verbraucher 50 angeforderte Leistung bereits auf den vor dem Aufwärts-Übergang existierenden Pegel zurückgekehrt ist, wenn der Brennstoffprozessor 22 seine Brennstoffabgabe erhöht. Man beachte, daß das Brennstoffzellensystem 10 schließlich mit einer Erhöhung seiner Ausgangsleistung antwortet, um ein Aufbrauchen der begrenzten in der Batterie 41 gespeicherten Energiemenge zu verhindern, wenn der Anstieg der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung anhält.

[0026] Es wird nun auf Fig. 2 Bezug genommen. Um den

Brennstoffprozessor 22 daran zu hindern, voreilig auf Aufwärts- und Abwärts-Übergänge zu antworten, verwendet das System 10 bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen eine Technik 100 zur Regelung der Brennstoffproduktion des Brennstoffprozessors 22, so daß der Brennstoffprozessor 22 nur auf anhaltende Anstiege und Verringerungen der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung antwortet. Bei der Technik 100 bestimmt das Brennstoffzellensystem 10 (Raute 102), ob ein Aufwärts-Übergang aufgetreten ist. Falls ja, antwortet das Brennstoffzellensystem 10 (Block 104) auf den Aufwärts-Übergang mit einer (im folgenden beschriebenen) ersten Steuertechnik, wie im Block 104 gezeigt ist. Wenn die Ausgangsleistung nicht angestiegen ist, dann bestimmt das Brennstoffzellensystem 10 (Raute 106), ob ein Abwärts-Übergang aufgetreten ist. Falls ja, dann antwortet das Brennstoffzellensystem 10 auf den Abwärts-Übergang mit einer (im folgenden beschriebenen) anderen zweiten Steuertechnik. Folglich kann das Brennstoffzellensystem 10 zwei verschiedene Steuertechniken zum Steuern des Brennstoffprozessors 22 verwenden: eine erste Steuertechnik für Aufwärts-Übergänge und eine zweite davon abweichende Steuertechnik für Abwärts-Übergänge.

[0027] Mit den beiden verschiedenen Steuertechniken kann die Tatsache berücksichtigt werden, daß die Rate, mit der der Brennstoffprozessor 22 seine Brennstoffabgabe erhöht, wesentlich langsamer sein kann, als die Rate, mit der der Brennstoffprozessor 22 seine Abgabe verringert. Mit den beiden verschiedenen Steuertechniken kann ferner berücksichtigt werden, daß die Aufwärts-Übergänge mit einer wesentlich höheren Frequenz als die Abwärts-Übergänge auftreten können.

[0028] Es wird auf Fig. 1 Bezug genommen. Bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen enthält das Brennstoffzellensystem 10 eine Steuereinrichtung 60, um Aufwärts- und Abwärts-Übergänge zu detektieren und den Brennstoffprozessor 22 entsprechend zu regeln. Insbesondere detektiert die Steuereinrichtung 60 bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen diese Aufwärts- und Abwärts-Übergänge, indem sie die Zellenspannungen, die ("V_{TERM}" genannte) Anschlußstapelspannung und den Ausgangsstrom des Brennstoffzellenstapels 20 überwacht. Aus diesen Meßgrößen kann die Steuereinrichtung 60 bestimmen, wann ein Aufwärts- oder Abwärts-Übergang der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung auftritt.

[0029] Um die oben beschriebenen Meßgrößen von dem Brennstoffzellenstapel 20 zu erhalten, kann das Brennstoffzellensystem 10 eine Zellenspannungsüberwachungsschaltung 40 zum Messen der Zellenspannungen des Brennstoffzellenstapels 20 und der Stapelspannung V_{TERM}; und einen Stromsensor 49 zum Messen eines Ausgangsgleichstroms von dem Stapel 20 enthalten. Die Zellenspannungsüberwachungsschaltung 40 überträgt (beispielsweise über einen seriellen Bus 48) die gemessenen Zellenspannungen anzeigende Signale an die Steuereinrichtung 60. Der Stromsensor 49 ist mit einem Ausgangsanschluß 31 des Brennstoffzellenstapels 20 in Reihe geschaltet, um ein den Ausgangsstrom anzeigendes Signal (über eine elektrische Übergangsleitung 52) bereitzustellen. Die Steuereinrichtung 60 kann ein (in einem Speicher 63 der Steuereinrichtung 60) gespeichertes Programm 65 mit den Informationen von dem Stapel 20 ausführen, um zu bestimmen, ob ein Aufwärts- oder Abwärts-Übergang detektiert wurde, und um den Brennstoffprozessor 22 über elektrische Übertragungsleitungen 46 entsprechend zu steuern. Im folgenden werden typische Implementierungen der Technik 100 beschrieben (die verschiedenen erfindungsgemäßen Ausführungsformen entsprechen).

[0030] Es wird auf die Fig. 3 und 5 Bezug genommen. Im

einzelnen kann das Programm 65, wenn es von der Steuereinrichtung 60 ausgeführt wird, die Steuereinrichtung 60 zur Ausführung einer (in Fig. 5 dargestellten) Technik 150 veranlassen, um den Brennstoffprozessor 22 in Abhängigkeit von Aufwärts- und Abwärts-Übergängen zu steuern. Insbesondere bringt die Steuereinrichtung 60 als Antwort auf einen Aufwärts-Übergang eine erste Verzögerung ein (Block 152 der Fig. 5). Beispielsweise kann die von dem Verbraucher 50 angeforderte Leistung zu Beginn in der Nähe eines P₁ genannten Ausgangsleistungsniveaus liegen (siehe Fig. 3), und der Brennstoffprozessor 22 kann mit einem L₁ genannten gleichbleibenden Brennstoffabgabepegel arbeiten (siehe Fig. 4), der die richtige Brennstoffmenge liefert, um die von dem Verbraucher 50 bei dem Pegel P₁ aufgenommene Leistung aufrechtzuerhalten.

[0031] Wie in Fig. 3 dargestellt ist, kann die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung vom Zeitpunkt T₀ bis zum Zeitpunkt T₁ tatsächlich leicht um den Pegel P₁ herum schwanken. Die Steuereinrichtung 60 antwortet auf leichte Abweichungen von dem Pegel P₁ jedoch nicht. Statt dessen realisiert die Steuereinrichtung 60 um den Pegel P₁ herum eine Hysteresesezone 121, indem sie einen oberen Schwellenwert 121a und einen unteren Schwellenwert 121b einführt, um die entsprechenden oberen und unteren Grenzwerte der Zone 121 festzusetzen. Solange die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung innerhalb der Zone 121 liegt, bestimmt die Steuereinrichtung 60, daß kein Aufwärts- oder Abwärts-Übergang aufgetreten ist. Dagegen zeigt ein Verlauf der Leistung außerhalb der Zone 121 (bei einem Anstieg über den oberen Schwellenwert 121a) einen Aufwärts-Übergang oder (bei einem Abfall unter den unteren Schwellenwert 121b) einen Abwärts-Übergang an.

[0032] Wie in Fig. 3 dargestellt ist, steigt die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung zur Zeit T₁ beispielsweise auf einen neuen Ausgangspegel P₂ an, ein Pegel der über dem oberen Schwellenwert 121a liegt. Daher wird von der Steuereinrichtung 60 ein Aufwärts-Übergang erkannt. Dieser Anstieg kann beispielsweise auf eine oder mehrere Anwendungen und/oder Einrichtungen zurückzuführen sein, (die beispielsweise einem Haus zugeordnet sind und) die im wesentlichen gleichzeitig eingeschaltet werden. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, kann der Anstieg eine Stufenfunktion annähern.

[0033] Die Steuereinrichtung 60 antwortet nicht sofort auf diesen Anstieg, sondern bringt gemäß Block 152 (siehe Fig. 5) eine Verzögerung oder ein Verzögerungsintervall 125 vom Zeitpunkt T₁ bis zum Zeitpunkt T₂ ein. Wie weiter unten detaillierter beschrieben wird, kann diese Verzögerung je nach der speziellen Ausführungsform der Erfindung eine feststehende oder eine variable Dauer haben.

[0034] Bei Ablauf des Verzögerungsintervalls (beispielsweise des Verzögerungsintervalls 125) bestimmt die Steuereinrichtung 60 (Raute 154 in der Fig. 5), ob während des Verzögerungsintervalls ein anhaltender Anstieg der vom Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung vorlag. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel verläßt die von dem Verbraucher 50 während des Verzögerungsintervalls 125 aufgenommene Leistung die Hysteresesezone 123 nicht, die die Steuereinrichtung 60 um den Pegel P₂ herum vorsieht. Wenn die Ausgangsleistung während des Zeitintervalls 125 beispielsweise unter den oberen Schwellenwert 121a abgefallen wäre, dann würde die Steuereinrichtung 60 nicht von einem anhaltenden Anstieg der vom Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung ausgehen und würde das Verzögerungsintervall somit ohne Änderung der Abgabe des Brennstoffprozessors 22 zurücksetzen. Wie jedoch gezeigt ist, bleibt die von dem Verbraucher 50 angeforderte Leistung während des Intervalls 125 innerhalb der Zone 123. Folglich erhöht die

Steuereinrichtung 60 als Antwort auf den Anstieg der vom Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung gemäß Block 156 der Fig. 5 die Brennstoffabgabe des Brennstoffprozessors 22.

[0035] Es wird auf Fig. 4 Bezug genommen. Im Zeitraum P_0 bis P_1 liegt die Brennstoffabgabe des Brennstoffprozessors 22 auf einem konstanten Pegel L_1 , da die von dem Verbraucher 50 angeforderte Leistung ebenfalls auf einem im wesentlichen konstanten Pegel bleibt. Zu dem Zeitpunkt T_1 ändert sich die Brennstoffabgabe des Brennstoffprozessors 22 nicht (obwohl sich die von dem Verbraucher 50 verbrauchte Energie geändert hat). Bei Ablauf des Verzögerungsintervalls 125, zur Zeit T_2 , steuert die Steuereinrichtung 60 den Brennstoffprozessor 22 derart, daß er seine Brennstoffproduktion solange herauffährt, bis die Abgabe des Brennstoffprozessors einen Pegel L_2 erreicht, ein Pegel, der den Pegel P_2 der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung aufrechterhält.

[0036] Bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen steuert die Steuereinrichtung 60 die maximale Änderungsrate, mit der der Brennstoffprozessor 22 seine Brennstoffproduktion erhöht, um den Kohlenmonoxidpegel zu minimieren, der ansonsten erreicht würde, wenn der Brennstoffprozessor 22 veranlaßt würde, seinen Arbeitspunkt zu schnell zu ändern. Auf diese Weise kann die Steuereinrichtung 60 eine vorgegebene maximale Anstiegsrate festsetzen (wie durch den Anstieg 129 in Fig. 4 gezeigt ist), welche es dem Brennstoffprozessor 22 erlaubt, ohne eine übermäßige Kohlenmonoxidproduktion anzusteigen. Die Steuereinrichtung 60 kann einen ähnlichen Grenzwert für die Rate der Verringerung der Abgabe des Brennstoffprozessors festlegen, wie es in Fig. 4 durch den gleichförmigen Abfall 130 dargestellt ist.

[0037] Bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen führt die Steuereinrichtung 60 das Programm 65 aus, um eine (in Fig. 6 dargestellte) Technik 160 anzuwenden, mit der die zweite Steuertechnik zum Antworten auf Abwärts-Übergänge realisiert wird. Es wird auf die Fig. 3 und 6 Bezug genommen. Dabei kann die Steuereinrichtung 60 (gemäß der zweiten Steuertechnik) eine zweite Verzögerung oder ein zweites Verzögerungsintervall einbringen, wenn die Steuereinrichtung 60 einen Abwärts-Übergang detektiert, wie im Block 162 der Fig. 6 dargestellt ist. Die Steuereinrichtung 60 bestimmt, daß ein Abwärts-Übergang aufgetreten ist, wenn die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung wie oben beschrieben unter den unteren Schwellenwert der zugehörigen Hysteresesezone abfällt. Wenn die Steuereinrichtung 60 bestimmt (Raute 164), daß dieser Abfall anhält (d. h. daß die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung während des Zeitintervalls nicht über den unteren Schwellenwert ansteigt), dann verringert die Steuereinrichtung 60 (Block 166) die Abgabe des Brennstoffprozessors 22 als Antwort auf den anhaltenden Abfall der Leistung.

[0038] Fig. 3 zeigt ein Beispiel für einen Abwärts-Übergang, der zur Zeit T_3 auftritt. Als Antwort auf diesen Abwärts-Übergang beginnt die Steuereinrichtung 60 mit der Messung eines Verzögerungsintervalls 126, welches von dem Zeitpunkt T_3 bis zu dem Zeitpunkt T_4 andauert. Da die von dem Verbraucher 50 angeforderte Leistung während des Intervalls 126 nicht über den unteren Schwellenwert 123b der Zone 123 ansteigt, bestimmt die Steuereinrichtung 60, daß ein anhaltender Abfall der Energie aufgetreten ist, und verringert die Abgabe des Brennstoffprozessors 22 (wie durch den Abfall 130 gezeigt ist) im Zeitraum zwischen T_4 und T_6 . Zu dem Zeitpunkt T_6 liefert der Brennstoffprozessor 22 einen Ausgangspegel L_3 , der den Brennstoffzellenstapel 20 veranlaßt, den richtigen Leistungspegel für den Verbrau-

cher 50 bereitzustellen.

[0039] Fig. 3 zeigt ferner einen vorübergehenden Anstieg 120, der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung. Der Anstieg beginnt zur Zeit T_5 und endet zur Zeit T_7 .

Als Antwort auf den Anstieg bringt die Steuereinrichtung 60 ein weiteres Verzögerungsintervall 128 ein, welches beim Zeitpunkt T_5 beginnt und bis zum Zeitpunkt T_7 andauert. Jedoch ist dieses Verzögerungsintervall 128 kürzer als das Verzögerungsintervall 125, da die Steuereinrichtung 60 (zur Zeit T_7) erkennt, daß der Anstieg der aufgenommenen Leistung nicht fortdauert und setzt die Verzögerung daher zurück und erhöht die Brennstoffabgabe des Brennstoffprozessors 22 zur Berücksichtigung dieser Erhöhung daher nicht.

[0040] Wenn die Steuereinrichtung 60 gemäß der Technik 160 bestimmt (Raute 164), daß ein anhaltender Abfall der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung für die Dauer des zweiten Verzögerungsintervalls vorlag, verringert die Steuereinrichtung 60 somit die Brennstoffabgabe des Brennstoffprozessors 22 als Antwort auf den Abfall beim Verbraucher, wie im Block 166 dargestellt ist.

[0041] Je nach der speziellen Ausführungsform der Erfindung können das (zu der ersten Steuertechnik gehörende) erste Verzögerungsintervall und das (zu der zweiten Steuertechnik) gehörende zweite Verzögerungsintervall jeweils eine feste Dauer haben; sie können jeweils eine variable Dauer haben; oder ein Verzögerungsintervall kann eine feste Dauer und das andere Verzögerungsintervall kann eine variable Dauer haben. Fig. 7 zeigt beispielhaft eine Technik 170, die im Zusammenhang mit der ersten Steuertechnik verwendet wird, und welche für das erste Verzögerungsintervall eine variable Dauer verwendet. Die Technik 170 kann von der Steuereinrichtung 60 bei der Ausführung des Programms 65 angewendet werden.

[0042] Bei der Technik 170 mißt die Steuereinrichtung 60 (Block 172) die von dem Verbraucher 50 angeforderte Leistung in regelmäßigen Zeitabständen, deren Frequenz von der ersten Steuertechnik bestimmt wird. Aus diesen abgetasteten Meßwerten bestimmt die Steuereinrichtung 60 einen gleitenden Mittelwert der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 60 die von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung in Zeitabständen vom fünf Minuten messen. Andere Zeitabstände können verwendet werden. Nachdem die Steuereinrichtung 60 nach jedem Zeitabstand die Leistung gemessen hat, bestimmt sie (Block 174) für die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung einen neuen gleitenden Mittelwert. Wenn die Steuereinrichtung 60 anschließend bestimmt (Raute 176), daß der gleitende Mittelwert der Leistung über einem oberen Schwellenwert liegt, dann setzt die Steuereinrichtung 60 (Block 178) ein einen anhaltenden Anstieg anzeigendes Flag und steuert den Brennstoffprozessor 22 entsprechend. Der obere Schwellenwert kann beispielsweise definiert sein durch einen von einem beispielsweise über mehrere letzte Zeitintervalle gemittelten Leistungspegel ausgehenden Anstieg um einen vorgegebenen Prozentsatz. Andere Techniken können zur Festsetzung des Schwellenwertes verwendet werden. Alternativ kann der gleitende Mittelwert selbst zum Steuern der Abgabe des Brennstoffprozessors 22 verwendet werden, ohne daß dieser Mittelwert mit einem Schwellenwert verglichen wird, bevor auf den Brennstoffprozessor 22 eingewirkt wird. Andere Abwandlungen sind möglich.

[0043] Gemäß dieser Technik beeinflussen relativ kurz andauernde Anstiege der (von dem Verbraucher 50 aufgenommenen) Leistung den gleitenden Mittelwert nicht. Dagegen erhöhen anhaltende Anstiege der Leistung den gleitenden Mittelwert und verursachen somit eine Änderung der Abgabe des Brennstoffprozessors 22.

[0044] Es wird auf Fig. 8 Bezug genommen. In ähnlicher Weise kann die Steuereinrichtung 60 eine mit einem gleitenden Mittelwert arbeitende Technik 182 verwenden, um Abfälle der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung zu berücksichtigen. Die Steuereinrichtung 60 kann die Technik 182 bei der Ausführung des Programms 65 ausführen.

[0045] Bei der Technik 182 mißt die Steuereinrichtung (Block 184) die von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung nach dem nächsten regelmäßigen Zeitintervall. Die Zeitgabe für die Zeitintervalle (d. h. die Frequenz, mit der Messungen der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung durchgeführt werden) wird von der zweiten Steuertechnik vorgegeben. Nach jeder Messung verwendet die Steuereinrichtung 60 die Messung zur Bestimmung (Block 186) des neuen gleitenden Mittelwerts.

[0046] Bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen nimmt die Steuereinrichtung 60 die Meßwerte, die zur Bestimmung des gleitenden Mittelwerts im Zusammenhang mit der zweiten Steuertechnik verwendet werden, mit einer höheren Frequenz auf, als die zur Bestimmung des gleitenden Mittelwerts im Zusammenhang mit der ersten Steuertechnik verwendeten Meßwerte. Dieser Unterschied ermöglicht es der Steuereinrichtung 60, auf Abfälle der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung schneller als auf Anstiege der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung zu antworten.

[0047] Im folgenden wird die Technik 182 weiter beschrieben. Wenn die Steuereinrichtung 60 bestimmt (Block 188), daß die mittlere Leistung unter einem unteren Schwellenwert liegt, dann setzt die Steuereinrichtung 60 (Block 190) ein einen anhaltenden Abfall anzeigendes Flag und fährt wie oben beschrieben fort, um den Brennstoffprozessor 22 derart zu steuern, daß er auf den anhaltenden Abfall der von dem Verbraucher 50 aufgenommenen Leistung antwortet. Alternativ kann der gleitende Mittelwert selbst zur Steuerung der Abgabe des Brennstoffprozessors 22 verwendet werden, ohne daß dieser Mittelwert mit einem Schwellenwert verglichen wird, bevor auf den Brennstoffprozessor eingewirkt wird. Andere Abwandlungen sind möglich.

[0048] Somit kann die Steuereinrichtung 60 einen ersten gleitenden Mittelwert im Zusammenhang mit der ersten Steuertechnik zur Reaktion auf Aufwärts-Übergänge verwenden und einen zweiten gleitenden Mittelwert im Zusammenhang mit der zweiten Steuertechnik zur Reaktion auf Abwärts-Übergänge.

[0049] Statt gleitende Mittelwerte zur Festlegung der ersten und zweiten Verzögerungsintervalle zu verwenden, kann die Steuereinrichtung 60 bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ein Verzögerungszeitintervall lang messen, das eine konstante oder feste Dauer hat. Dabei kann die Steuereinrichtung 60 ein festes kürzer dauerndes Verzögerungsintervall einbringen, um auf anhaltende Abfälle der von dem Verbraucher 50 angeforderten Energie zu antworten, und ein festes länger dauerndes Verzögerungsintervall einbringen, um auf anhaltende Anstiege der von dem Verbraucher 50 angeforderten Energie zu antworten.

[0050] Es wird auf Fig. 9 Bezug genommen. Im einzelnen kann die Steuereinrichtung 60 (bei der Ausführung des Programms 65) eine Technik 194 anwenden, um den Brennstoffprozessor 22 in Abhängigkeit von einem Aufwärts-Übergang unter Verwendung eines Verzögerungsintervalls fester Dauer zu steuern. Bei der Technik 194 mißt die Steuereinrichtung 60 (Block 196) ein vorgegebenes Intervall (d. h. das zu der ersten Steuertechnik gehörende erste Verzögerungsintervall), wenn die Steuereinrichtung 60 bestimmt, daß ein Aufwärts-Übergang aufgetreten ist. Wenn die Steuereinrichtung 60 anschließend bestimmt (Raute 198), daß der Anstieg der von dem Verbraucher aufgenommenen Lei-

stung während dieses Zeitintervalls aufrechtgehalten wurde, dann setzt die Steuereinrichtung 60 (Block 199) ein Flag, das den anhaltenden Anstieg anzeigt und steuert den Brennstoffprozessor 22 danach entsprechend, so daß dieser seine Abgabe zur Bereitstellung des entsprechenden Leistungspegels für den Verbraucher 50 erhöht.

[0051] Es wird auf Fig. 10 Bezug genommen. Ähnlich der oben beschriebenen Technik 194 zur Steuerung des Brennstoffprozessors 22 in Abhängigkeit von Aufwärts-Übergängen, kann die Steuereinrichtung 60 (bei Ausführung des Programms 65) eine Technik 210 verwenden; welche ein Verzögerungsintervall einer feststehenden Zeitdauer (d. h. die von der zweiten Steuertechnik verwendete zweite Verzögerung) als Antwort auf die Detektion eines Abwärts-Übergangs durch die Steuereinrichtung 60 verwendet. Dieses Verzögerungsintervall kann kürzer als das bei der Technik 194 verwendete Verzögerungsintervall sein.

[0052] Bei der Technik 210 beginnt die Steuereinrichtung 60 als Antwort auf einen Abwärts-Übergang mit der Messung (Block 212) eines vorgegebenen zu der zweiten Steuertechnik gehörenden Verzögerungsintervalls. Wenn die Steuereinrichtung 60 bestimmt (Raute 240), daß ein andauernder Abfall der Leistung vorliegt, dann setzt die Steuereinrichtung 60 (Block 216) ein den anhaltenden Abfall anzeigendes Flag und verringert die Abgabe des Brennstoffprozessors 22 entsprechend. Es wird wieder auf Fig. 1 Bezug genommen. Neben anderen Merkmalen des Brennstoffzellensystems 20 kann das System 20 einen Spannungsregler 30 enthalten, der die Stapelspannung VTERM regelt und diese Spannung über einen Wechselrichter 33 in eine Wechselspannung umwandelt. Die Ausgangsanschlüsse 32 des Wechselrichters 33 sind mit dem Verbraucher 50 gekoppelt. Das Brennstoffzellensystem 10 enthält ferner Steuerventile 44, welche eine Notabschaltung der Oxidationsmittel- und Brennstoffströme zu dem Brennstoffzellenstapel 20 ermöglichen. Die Steuerventile 44 sind zwischen einer Brennstoffeinlaß- bzw. einer Oxidationsmitteleinlaßleitung 37 bzw. 39 und dem Brennstoff- bzw. dem Oxidationsmitteleinlaß des Brennstoffzellenstapels 20 angeordnet. Die Brennstoffeinlaßleitung 37 nimmt den Brennstoffstrom von dem Brennstoffprozessor 22 auf, und die Oxidationsmitteleinlaßleitung 39 nimmt den Oxidationsmittelstrom von dem Luftgebläse 24 auf. Der Brennstoffprozessor 22 nimmt einen Kohlenwasserstoff (beispielsweise Erdgas oder Propan) auf und wandelt diesen Kohlenwasserstoff in den Brennstoffstrom um (beispielsweise in einen Wasserstoffstrom), der dem Brennstoffzellenstapel 20 zugeführt wird.

[0053] Das Brennstoffzellensystem 10 kann Wasserseparatoren, beispielsweise Wasserseparatoren 34 und 36 enthalten, um Wasser von den Brennstoff- und Oxidationsmitteleinlaß- und/oder -einlaßanschlüssen des Stapels 22 wiederzugewinnen. Das von den Wasserseparatoren 34 und 36 gesammelte Wasser kann zu einem (nicht dargestellten) Wassertank eines Kühlmittelsystems 54 des Brennstoffzellensystems 10 geleitet werden. Das Kühlmittelsystem 54 läßt ein Kühlmittel (beispielsweise deionisiertes Wasser) durch den Brennstoffzellenstapel 20 zirkulieren, um die Betriebstemperatur des Stapels 20 zu regeln. Das Brennstoffzellensystem 10 kann ferner einen Oxidierer 38 enthalten, um in den Brennstoffzellenreaktionen nicht verbrauchten Brennstoff von dem Stapel 22 zu verbrennen.

[0054] Zur Entkoppelung des Verbrauchers von dem Brennstoffzellenstapel 20 während eines Abschaltvorgangs des Brennstoffzellensystems 10, kann das System 10 einen Schalter 29 (beispielsweise eine Relaischaltung) enthalten, welche zwischen dem Hauptausgangsanschluß 31 des Stapels und einem Eingangsanschluß des Stromsensorelementes 49 angeordnet ist. Die Steuereinrichtung 60 kann den

Schalter 29 über eine elektrische Übertragungsleitung 50 steuern.

[0055] Bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung 60 einen Mikrocontroller und/oder einen Mikroprozessor enthalten, um eine oder mehrere der hier beschriebenen Techniken bei der Ausführung des Programms 65 zu realisieren. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 60 einen Mikrocontroller enthalten, der einen Nur-Lese-Speicher (ROM) enthält, welcher als Speicher 63 dient und als Speichermedium zur Speicherung von Befehlen für das Programm 65.

[0056] Andere Arten von Speichermedien können zur Speicherung von Befehlen des Programms 65 verwendet werden. Verschiedene analoge und digitale externe Pins des Mikrocontrollers können zum Aufbau einer Verbindung über die elektrischen Übertragungsleitungen 46, 51 und 52 und den seriellen Bus 48 verwendet werden. Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsformen kann ein Speicher, der getrennt von dem Mikrocontroller auf einem separaten Chip hergestellt wurde, als Speicher 63 und zur Speicherung von Befehlen für das Programm 65 verwendet werden. Andere Abwandlungen sind möglich.

[0057] Bei der Anschlußart, bei der das Brennstoffzellensystem 10 parallel zu dem Energieversorgungsnetz 56 geschaltet ist, kann die Steuereinrichtung 60 die Schalter 58 und 57 (beispielsweise ein Teil einer Relaischaltung) zur Verbindung des Brennstoffzellensystems 10 mit dem Energieversorgungsnetz 56 betätigen. Wenn das Brennstoffzellensystem 10 nicht die gesamte von dem Verbraucher 50 aufgenommene Leistung bereitstellt, kann das Energieversorgungsnetz 56 aufgrund dieser Verbindung dem Verbraucher 50 die zusätzliche Leistung bereitstellen. Bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen kann das Brennstoffzellensystem 10 Energie an das Energieversorgungsnetz 56 liefern, wenn das Brennstoffzellensystem 10 mehr Energie erzeugt, als von dem Verbraucher 50 verbraucht wird.

[0058] Bei der Anschlußart, bei der das Brennstoffzellensystem 10 nicht parallel zu dem Energieversorgungsnetz 56 geschaltet ist, kann die Steuereinrichtung 60 die Schalter 57 und 58 öffnen, um das Energieversorgungsnetz 56 von dem Brennstoffzellensystem 10 zu entkoppeln. Sofern der Brennstoffzellenstapel 20 keine genügend hohe Leistung für den Verbraucher 50 bereitstellt, können Batterien 41 die von dem Brennstoffzellenstapel 20 bereitgestellte Leistung ergänzen. In diesem Betriebsmodus schließt die Steuereinrichtung 60 einen Schalter 45, um die Batterie 41 mit dem Rest des Brennstoffzellensystems 10 zu koppeln. Wenn der Schalter 45 geschlossen ist, ist der Ausgangsanschluß der Batterie 41 mit der Anode einer Diode 43 gekoppelt, deren Kathode mit dem Ausgangsanschluß 31 des Brennstoffzellenstapels 20 gekoppelt ist. Die Anode einer weiteren Diode 11 ist mit dem Ausgangsanschluß 31 gekoppelt und deren Kathode ist mit der Kathode der Diode 42 gekoppelt. Wenn die Anschlußspannung V_{TERM} des Brennstoffzellenstapels 20 unter einen vorgegebenen Schwellenwert abfällt, leitet die Diode 43 und erlaubt der Batterie 41 somit, zusätzlich zur von dem Brennstoffzellenstapel 20 bereitgestellten Leistung, Leistung bereitzustellen.

[0059] Andere Ausführungsformen liegen innerhalb des Schutzzumfangs der folgenden Ansprüche. Beispielsweise kann die zweite Steuertechnik bei einigen erfindungsgemäßen Ausführungsformen umfassen, daß als Antwort auf Abwärts-Übergänge keine Verzögerungen eingebracht werden. Bei diesen Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung sofort auf einen Abwärts-Übergang antworten. Wie oben beschrieben wurde, kann die Steuereinrichtung 60 jedoch einen Grenzwert für diejenige Rate festsetzen, mit der der

Brennstoffstrom verringert werden kann. Andere Abwandlungen sind möglich.

[0060] Während die Erfindung anhand einer begrenzten Anzahl von Ausführungsformen beschrieben wurde, werden Fachleute, denen diese Beschreibung vorliegt, deren zahlreiche Modifikationen und Variationen erkennen. Die angefügten Ansprüche sollen alle diese Modifikationen und Variationen als unter den Erfindungsgedanken und den Schutzzumfang der Erfindung fallend umfassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellenstapels, das die Schritte umfaßt, daß der Brennstoffzellenstapel mit einem Verbraucher gekoppelt wird; daß die von dem Verbraucher aufgenommene Leistung bestimmt wird; daß in Abhängigkeit von der Detektion einer Änderung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung eine Verzögerung herbeigeführt wird; und daß in Abhängigkeit von dem Ablauf der Verzögerung ein Brennstoffstrom zu dem Stapel so gesteuert wird, daß die Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels so gesteuert wird, daß die Änderung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung eine positive Änderung der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung umfaßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Herbeiführen einer Verzögerung umfaßt, daß ein gleitender Mittelwert der Leistung über die Zeit berechnet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Herbeiführen einer Verzögerung umfaßt, daß ein Zeitintervall einer vorgegebenen Dauer gemessen wird; und daß bei Ablauf des Zeitintervalls der Stromfluß zu dem Stapel geändert wird, wenn die Leistung während des Zeitintervalls über einem vorgegebenen Schwellenwert bleibt.
5. Verfahren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung dadurch detektiert wird, daß die Leistung mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Schwellenwert auf der Basis eines gleichbleibenden Pegels der Leistung festgesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerung ein verzögertes Ansprechen eines Brennstoffprozessors berücksichtigt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbraucher außer mit dem Brennstoffzellenstapel mit einem Energieversorgungsnetz gekoppelt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Batterie zur Bereitstellung zusätzlicher Leistung für den Verbraucher verwendet wird, wenn die von dem Brennstoffzellenstapel bereitgestellte Leistung nicht der von dem Verbraucher aufgenommenen Leistung entspricht.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuern umfaßt, daß der Brennstoffstrom zu dem Stapel in Abhängigkeit von

der Änderung erhöht wird, wobei beim Erhöhen eine vorgegebene Rate nicht überschritten wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuern umfaßt, daß der Brennstoffstrom zu dem Stapel in Abhängigkeit von der Änderung verringert wird, wobei beim Verringern eine vorgegebene Rate nicht überschritten wird.

12. Brennstoffzellensystem mit:
einem Brennstoffprozessor (22) zum Bereitstellen eines Brennstoffstroms;
einem Brennstoffzellenstapel (20), um in Abhängigkeit von dem Brennstoffstrom einem Verbraucher (50) eine erste Leistung bereitzustellen;
einer Schaltung zum Messen einer von dem Verbraucher aufgenommenen zweiten Leistung; und
einer mit der Schaltung und dem Brennstoffprozessor (22) gekoppelten Steuereinrichtung (60),
die in Abhängigkeit von der Detektion einer Änderung der zweiten Leistung eine Verzögerung herbeiführen kann; und
die in Abhängigkeit von dem Ablauf der Verzögerung den Brennstoffprozessor (22) derart steuern kann, daß dieser die Änderung der zweiten Leistung berücksichtigt.

13. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung eine positive Änderung der zweiten Leistung umfaßt.

14. System nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (60) einen gleitenden Mittelwert der zweiten Leistung über die Zeit berechnet, um die Verzögerung einzubringen.

15. System nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (60) ein Zeitintervall einer vorgegebenen Dauer mißt; und bei Ablauf des Zeitintervalls den Brennstoffprozessor (22) derart steuert, daß er die Abgabe des Brennstoffprozessors ändert, wenn die zweite Leistung während des Zeitintervalls über einem vorgegebenen Schwellenwert bleibt.

16. System nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (60) die Änderung dadurch detektiert, daß sie die Leistung mit einem vorgegebenen Schwellenwert vergleicht.

17. System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (60) den vorgegebenen Schwellenwert auf der Basis eines gleichbleibenden Pegels der zweiten Leistung festsetzt.

18. System nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung die Verzögerung herbeiführt, um ein verzögertes Ansprechen des Brennstoffprozessors (22) zu berücksichtigen.

19. System nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffzellenstapel (20) mit einem Energieversorgungsnetz (56) gekoppelt ist.

20. System nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine Batterie (41) zur Bereitstellung zusätzlicher Leistung für den Verbraucher (50) vorgesehen ist, wenn die von dem Brennstoffzellenstapel (20) bereitgestellte Leistung der zweiten Leistung nicht entspricht.

21. System nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (60) die Abgabe des Brennstoffprozessors (22) in Abhängigkeit von der Änderung erhöht, wobei beim Erhöhen eine vorgegebene Rate nicht überschritten wird.

22. System nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (60)

die Abgabe des Brennstoffzellenprozessors (22) in Abhängigkeit von der Änderung verringert, wobei beim Verringern eine vorgegebene Rate nicht überschritten wird.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

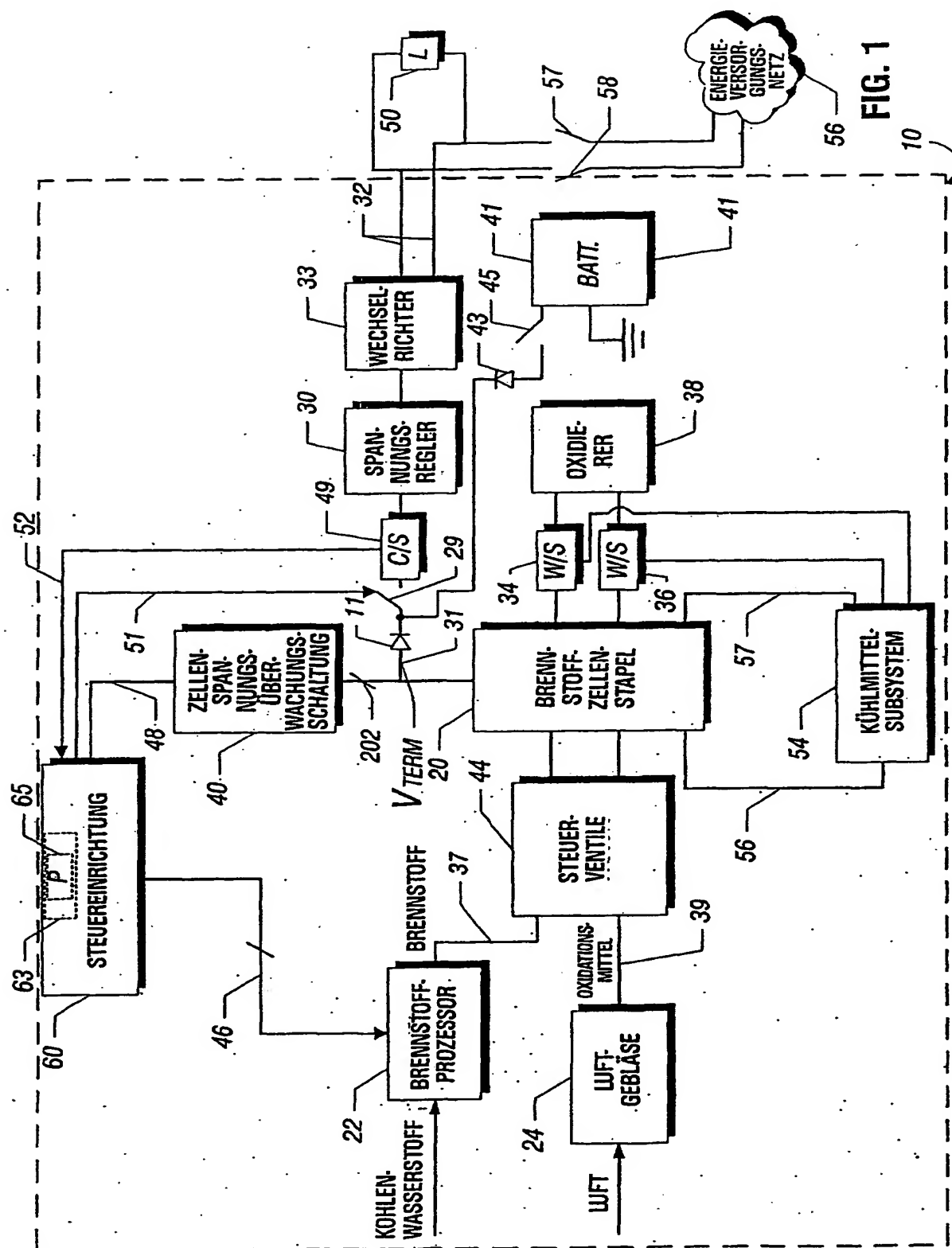


FIG. 1

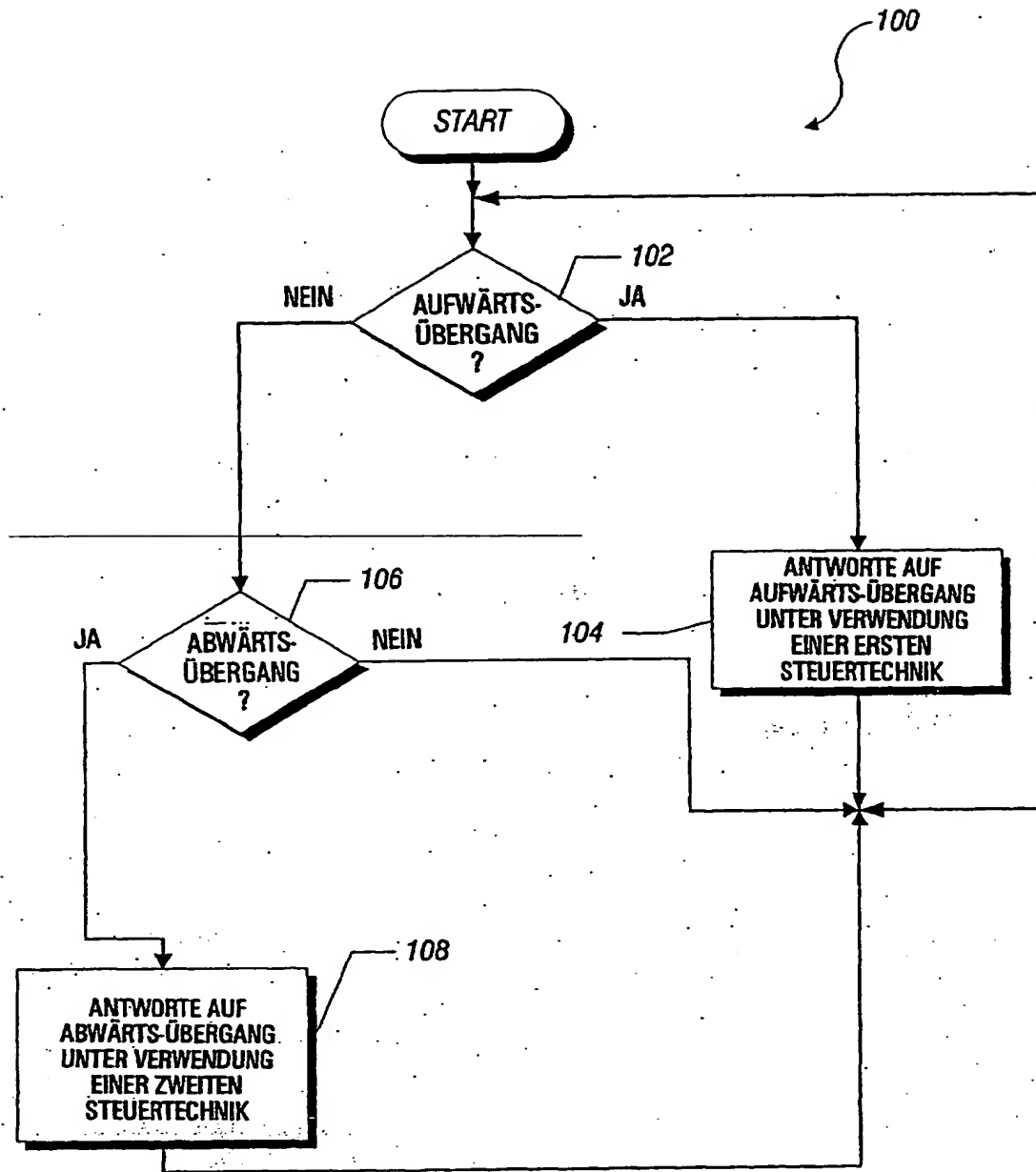


FIG. 2

VOM VERBRAUCHER 50 AUFGENOMMENE LEISTUNG

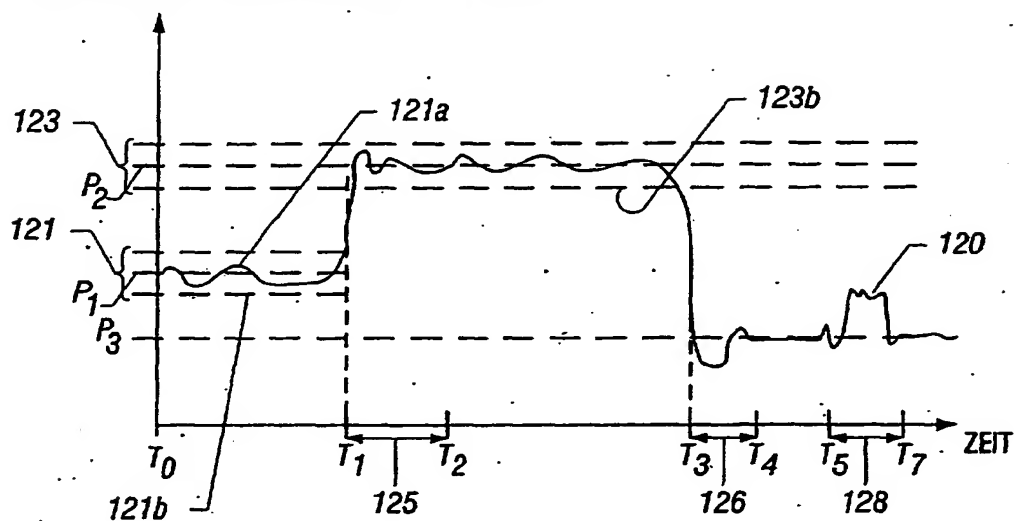


FIG. 3

BRENNSTOFFABGABE

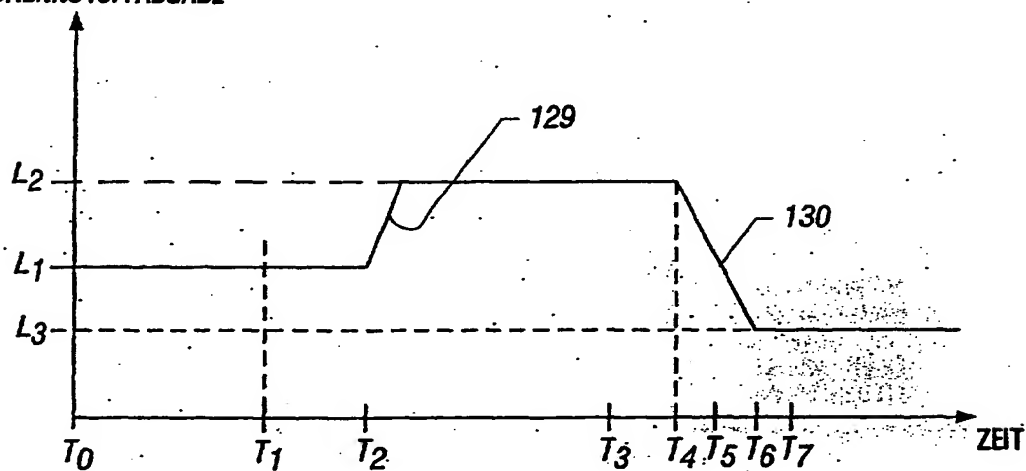


FIG. 4

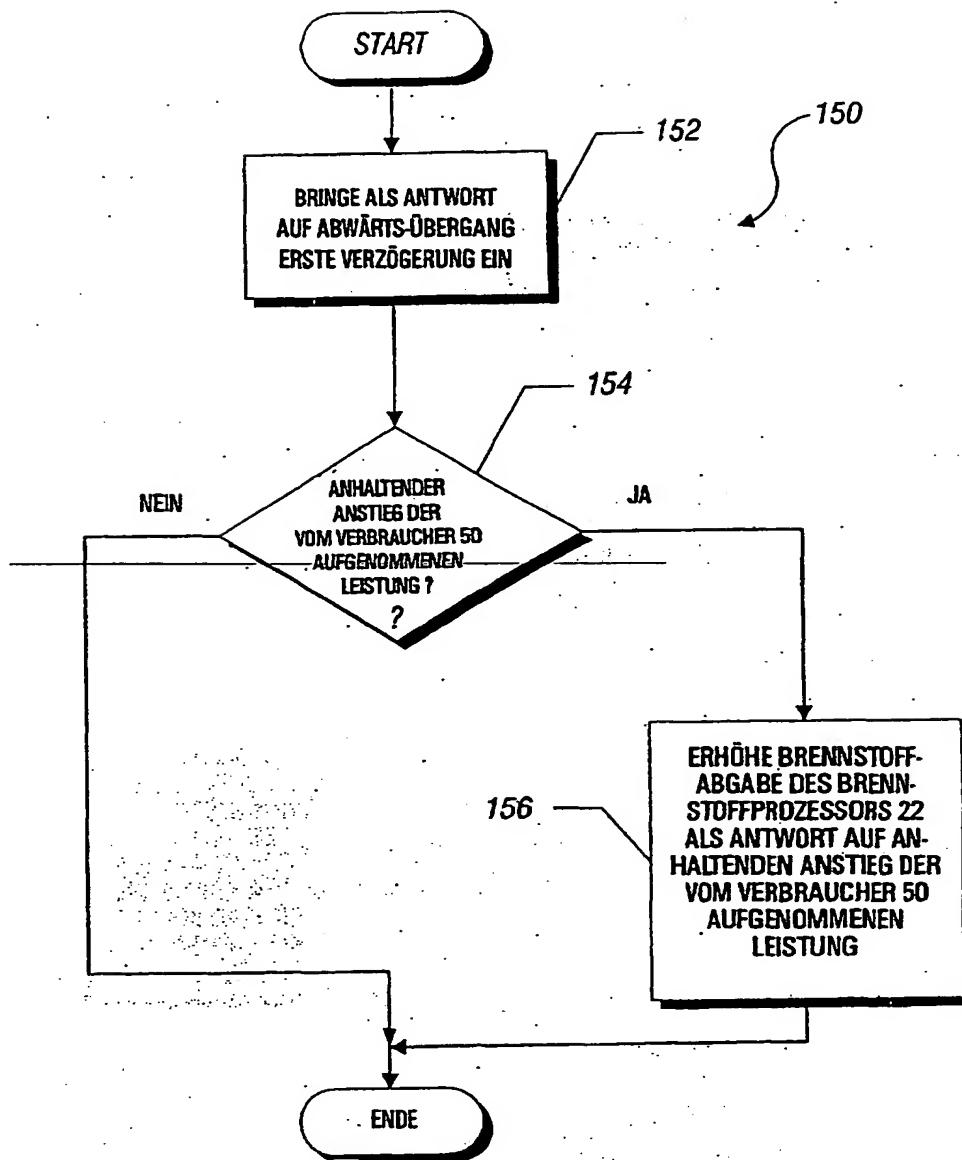


FIG. 5

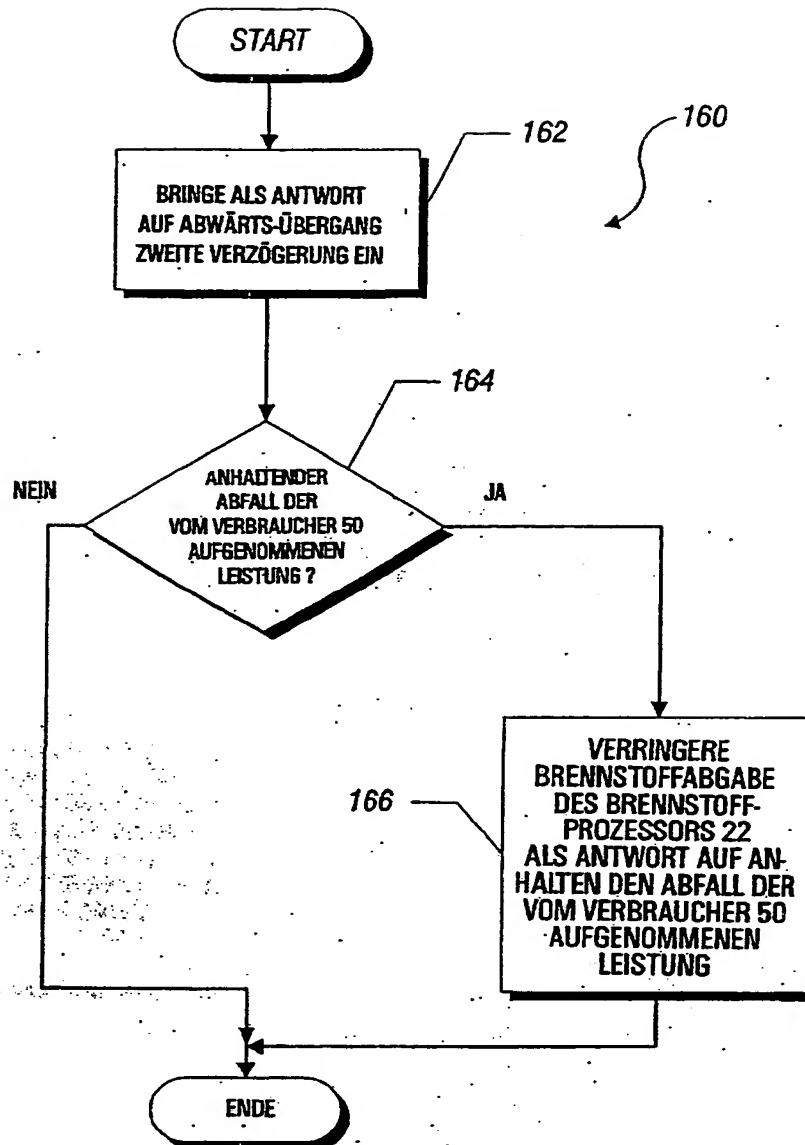


FIG. 6

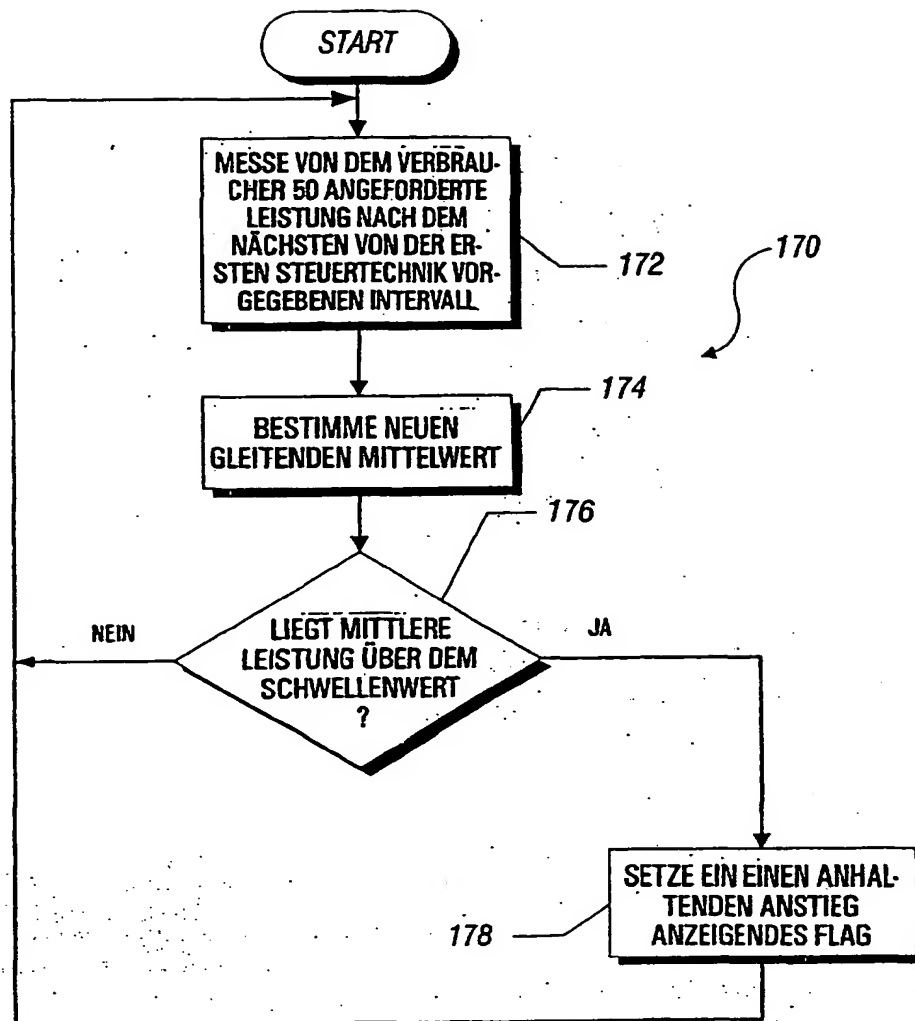


FIG. 7

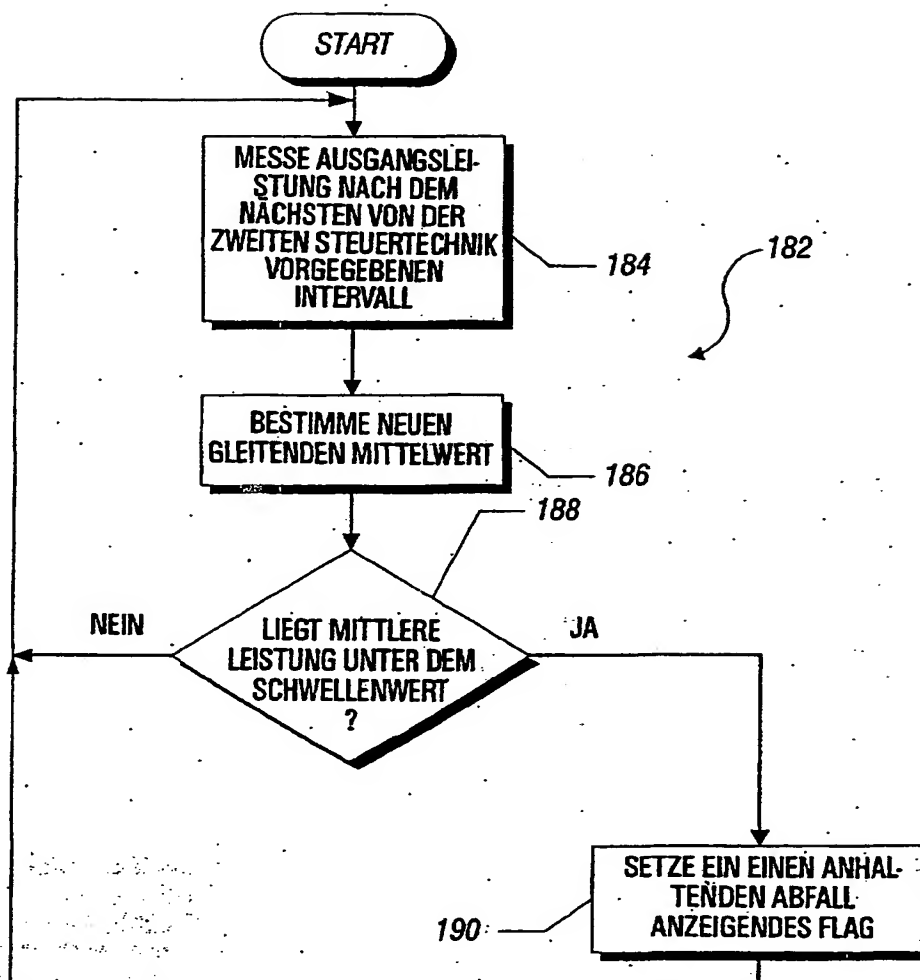


FIG. 8

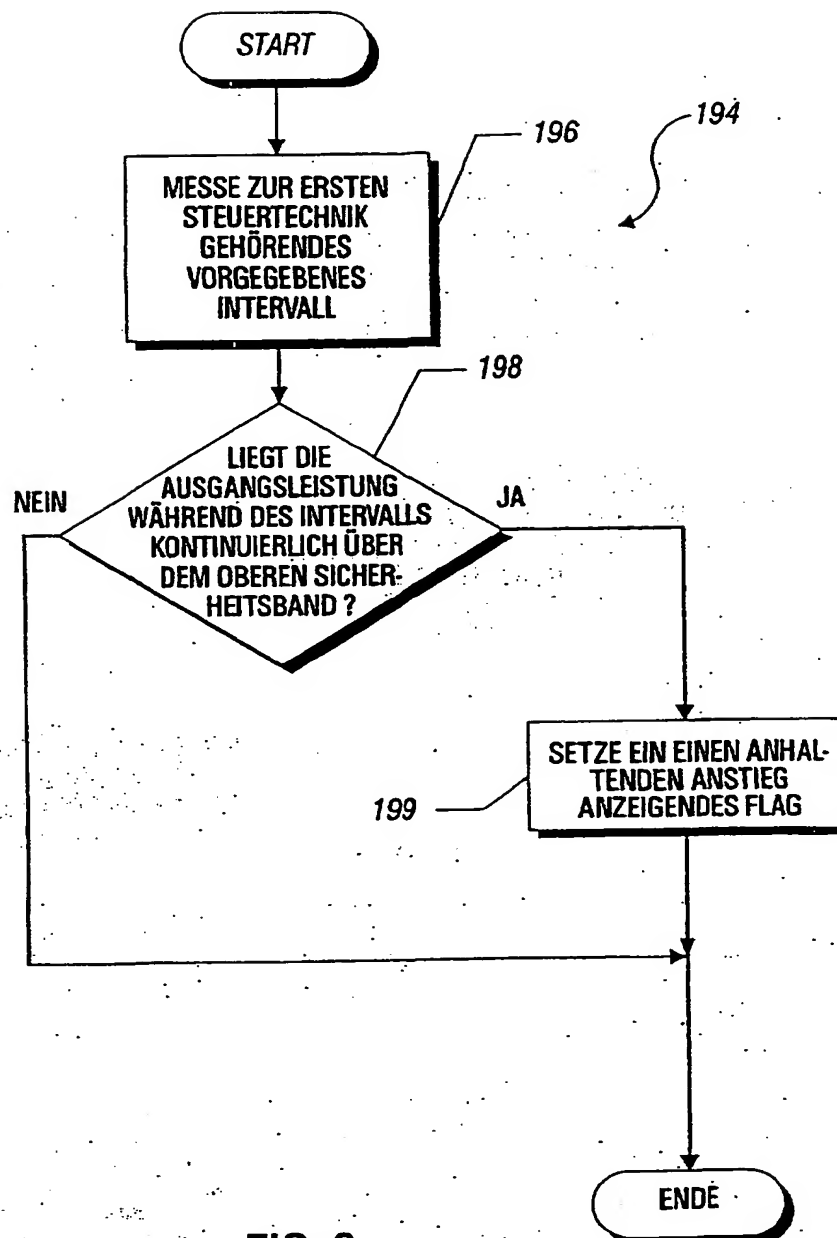


FIG. 9

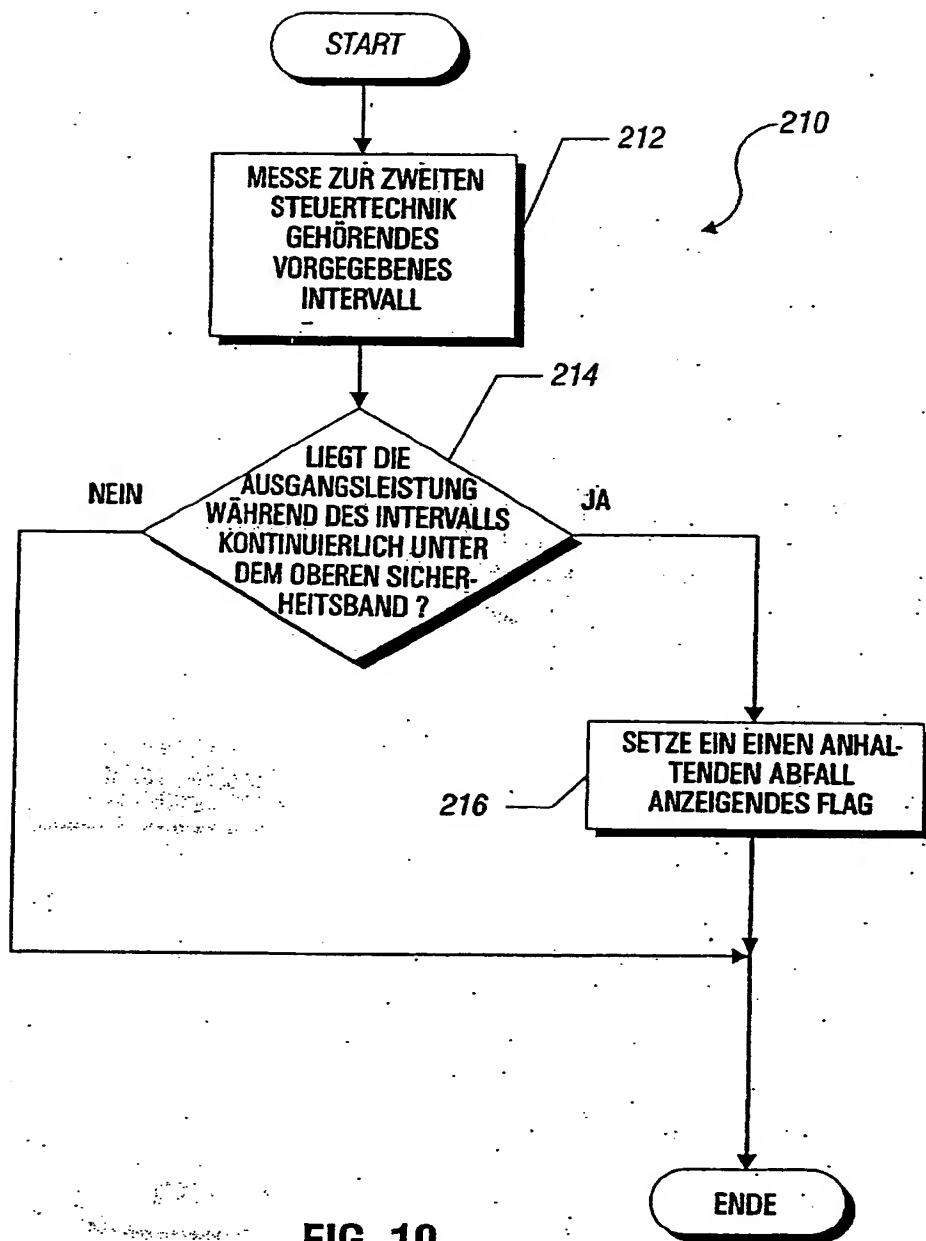


FIG. 10